

近百年来龙感湖地区湖泊营养化过程

陈诗越^{1,2}, 金章东¹, 吴艳宏¹, 杨丽原¹

(1. 中国科学院 南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008; 2. 聊城大学 环境与规划学院, 山东 聊城 252059)

[摘要] 由于近年来社会经济的迅速发展, 湖泊富营养化问题日趋严重, 其中湿地的破坏是导致入湖营养盐增加的一个重要原因。对湿地变化与湖泊营养盐状况关系的分析是制定湖泊环境整治和生态修复的重要科学依据。湖泊沉积物含有丰富的生物和理化方面的信息, 在缺乏长期湖泊监测记录的情况下, 可以用来重建湖泊及其流域过去变化的历史。根据龙感湖表层沉积物²¹⁰Pb 活度比变化, 分析了该地区近百年来沉积物中湿地花粉、总磷和磁性参数, 探讨了湖泊营养化过程及机理。研究表明, 龙感湖近百年来营养级的增加是与湿生植被的破坏密切相关。20 世纪上半叶的湖泊富营养化响应于磁性参数指示的流域土壤侵蚀速率的增加, 而 20 世纪 70 年代以来湖泊营养程度的加重则与龙感湖流域农业化肥的使用和湿地植被破坏而导致湿地功能减弱有关。龙感湖流域内人类对湖周滩地的改造, 破坏了湿地植被, 助长了入湖物质的增加, 湖泊营养相对富集, 最终导致水体富营养化发生。

[关键词] 湿地花粉; 湖泊营养化; 龙感湖; 磁化率

[中图分类号] X524 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2004)04-0081-04

[作者简介] 陈诗越(1969—), 男, 江苏南京人, 博士, 现从事湖泊沉积与资源环境研究工作。

近年来, 愈来愈多的科学家关注人类活动驱动下湖泊湿地环境的变化, 尤其是一系列国际项目的出台 (IHDP、LUCC、HITE、LIMPACS、LUCIFS), 更使之成为全球变化研究的热点。湿地被称为“自然之肾”, 凭借茂密的湿生植被, 对维持湖泊的生态平衡、净化水质、拦截或缓和流域营养盐具有重要作用, 因此湿地的破坏是导致入湖营养盐增加的一个重要原因^[1,2]。当前对人工湿地进行生态修复成为湖泊治理有效手段之一, 但从湖泊营养水平演化历史的角度来看, 在过去湿地变化不清的情况下, 如何反演湖泊营养化的历史, 确定在人为影响下湖泊生态结构转变的拐点, 从而为制定湖泊环境整治和生态修复目标提供科学的依据。湖泊沉积物中包含了丰富的生物和理化方面的信息, 可以用来重建湖泊及其流域湿地过去变化的历史, 尤其在缺乏长期湖泊监测记录的情况下, 利用湖泊沉积记录可以对以上问题进行解释。

长江中下游湖群区, 历来是人类最活跃的场所, 由于近年来社会经济的迅速发展, 湿地被大规模垦殖以及水利工程建设, 使湿地生态环境功能遭受不同程度地破坏, 湖泊水环境也急剧恶化, 湖泊富营养化问题日趋严重, 直接危及人类的生产与生活, 已引起各级政府的高度重视。笔者拟通过对龙感湖湿地沉积物中花粉含量和营养盐等的分析, 探讨近百年来湿地花粉含量与入湖营养盐的演化关系, 初步恢复近百年来湖泊营养盐变化, 认识人类活动强度对入湖营养盐影响。

1 研究区自然环境

龙感湖 (29°52' ~ 30°5' N, 115°55' ~ 116°17' E) 位于安徽和湖北两省交界的宿松和黄梅境内, 系古长江变迁与跨长江两岸古彭蠡泽解体后的遗迹湖 (图 1)。湖水依赖地表径流和湖面降水补给, 纳凉亭、二郎、黄梅、荆竹和梅川等河流来水, 经湖泊调蓄后, 一路由八一港经小池入长江, 另一路入黄大湖、泊湖经华阳闸和杨湾闸分别注入长江。湖区属于中亚热带季风气候区, 自然植被类型为常绿阔叶和落叶阔叶混交林。20 世纪 50 年代前原有湖泊面

[收稿日期] 2004-01-28

[基金项目] 中国科学院创新项目 (KZCX2-302); 中国科学院研究生院科学与社会实践资助项目; 聊城大学科研基金资助项目

积 578.95 km², 此后由于大量围垦, 湖泊面积不断缩小到现有的 316.2 km², 湖周湿地自然植被也遭受巨大破坏^[3]。1993 年水质调查表明, 该湖为重碳酸盐类钙 II 型淡水湖, 处于中等营养水平^[3]。

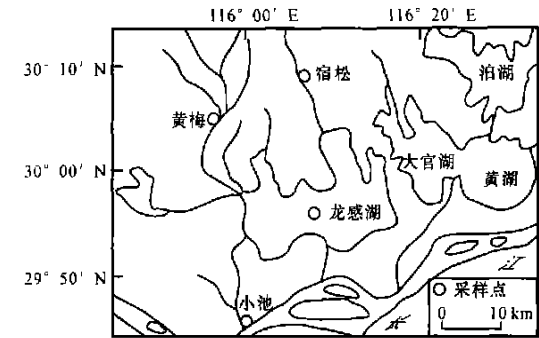


图 1 龙感湖地理位置

Fig. 1 Longgan Lake geography and core site

2 样品采集与分析

样品是在龙感湖中心部位用活塞采样器采集的。沉积物长 25 cm, 岩性主要为灰色泥(25 ~ 14 cm)和灰黑色软泥(14 cm 以上)。野外按 1 cm 间距分样, 密闭于塑料样品袋中带回实验室分析。

样品测试主要在中科院南京地理与湖泊研究所湖泊沉积与环境重点实验室进行。测试项目主要有: ²¹⁰Pb、孢粉含量、低频磁化率和总磷等指标, 共分析了 13 个样品。²¹⁰Pb 活度比采用 EG & G Ortec 公司生产高纯锗低本底 γ 谱分析测定系统, CRS 年代模式(恒定放射性通量模式)进行计算。磁性参数(低频磁化率)用 Bartington MS2 磁化率仪测定。孢粉样品采用酸碱方法处理, 选择阔叶树花粉和湿地花粉作为主要指标。总磷(TP)测定采用 H₂SO₄ - HClO₄ 溶解, 钼锑抗比色法进行。

3 研究结果

3.1 沉积物年代

根据沉积物²¹⁰Pb 的活性变化推算, 14 cm 以上沉积速率较高, 达 3.6 mm/a; 14 cm 以下平均沉积速率较低, 约 2.17 mm/a, 25 cm 处年代约为 1905 A.D.。整个剖面反映了近百年来沉积记录。表 1 列出了根据沉积物²¹⁰Pb 活度变化推算的沉积年代序列。

表 1 龙感湖沉积物年代序列结果 (²¹⁰Pb CRS 模式)

Table 1 Results of Chronology of Longgan Lake sediments according to ²¹⁰Pb CRS model

深度/cm	年代/A. D.	深度/cm	年代/A. D.
2	1991±1.03	14	1959±1.74
4	1986±1.35	16	1954±2.45
6	1981±1.40	18	1948±2.02
8	1975±1.55	20	1939±2.98
10	1970±1.96	22	1928±3.67
12	1964±1.45	24	1915±5.70

3.2 湿地花粉含量与磁性参数及总磷指标变化特征

沉积物中湿地花粉含量可以反映流域湿地植被变化^[4]。图 2 显示近百年来龙感湖区湿地花粉含量总体在下降, 尤其在 14 cm 以上出现急剧下降, 根据²¹⁰Pb 活度比, 14 cm 处年龄约为 1959 A.D., 而这个正好与龙感湖区 20 世纪 50 年代末期强烈围垦和滩地芦苇等植被被大量砍伐与焚烧记录^①一致, 因此沉积物中湿地花粉含量指示了湖周湿地植被的明显退化。

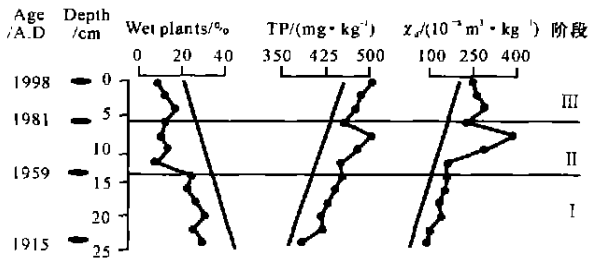


图 2 龙感湖沉积物湿地花粉与 TP 及磁化率随深度变化

Fig. 2 Variations of wetland pollen magnetic proxy and TP in Longgan Lake sediment with depth

沉积物磁性参数是流域土壤侵蚀强度的指示^[5]。 χ_{lf} 变化表明(图 2), 在早期(24 ~ 14 cm, 1915 ~ 1959 A.D.)其值持续增高; 12 cm 以上(1964 A.D.后), χ_{lf} 出现了峰值, 然后又有回落, 这种变化暗示了 20 世纪上半叶流域人类活动强度的逐步增加, 尤其是 20 世纪 60 年代左右的强烈围垦造成流域土壤侵蚀的加剧。

总磷(TP)是湖泊营养盐含量的粗略反映^[6]。TP 的上升起初较缓(图 2), 但 11 cm 后有突然快速上升的趋势, 反映了入湖营养物质(TP 为代表)的增多。

① 宿松县志

4 讨论与结论

4.1 近百年来龙感湖湖泊营养演化

龙感湖心剖面湿地花粉含量、磁性参数和总磷变化特征明显揭示了近百年来龙感湖地区湖泊营养演化的三个阶段(图 2)。

阶段 I (1905 ~ 1959 A. D.): 以湿地花粉含量的逐步减少和总磷与磁化率的逐步增高为特征, 反映了流域人类活动对湿地植被的破坏在逐步增强, 流域土壤侵蚀逐步加强, 入湖营养盐逐步增多, 湖泊逐步营养化。

阶段 II (1959 ~ 1981 A. D.), 以湿地花粉含量的急剧减少和磁化率与总磷的剧烈增加为特征, 反映了该期流域人类活动显著增强, 湿地植被遭剧烈破坏, 流域土壤侵蚀显著增强, 入湖营养盐快速增加, 湖泊营养化加剧。

阶段 III(1981 ~ 现今), 湿地花粉含量在稍有增加后又逐步减少, 总磷含量逐步增加, 磁化率则有逐步减少的趋势, 反映该时段人类活动对湿地植被的破坏有所减弱, 流域土壤侵蚀略有减轻, 但湖泊营养化趋势依然严重。

总的来看, 各环境指标反映龙感湖区在 20 世纪上半叶人类活动还相对较弱, 但有逐渐增强趋势; 20 世纪后半叶, 尤其 1959 年左右及以后人类活动明显增强, 据资料记载^①1956 ~ 1959 年, 是龙感湖区强烈围垦时期, 但 1959 年以后的沉积物才体现了该时期土地开垦和湿地植被遭受破坏的过程及其严重的土壤侵蚀行为, 存在一定的滞后效应。值得注意的是, 1960 年末期以来流域大面积化肥(磷肥)的开始使用, 这在一定程度上造成湖泊营养级的显著增加(TP 含量增高); 20 世纪 80 年代后虽然当地部门对湖区堤坝建设加强, 一定程度上控制了土壤的流失, 但是由于湿地进一步破坏以及化肥的使用, 入湖营养盐含量依然在增强, 湖泊水质也进一步恶化。

4.2 湿地植被与入湖营养盐关系

图 3 是龙感湖湿地花粉与 TP 的关系图, 从图中可以看出龙感湖湿地花粉含量与入湖营养盐(主要是总磷 TP)有比较明显的负相关关系(相关系数达 0.711 4), 表明湿地花粉含量的变化是湖泊富营养化不可忽视的一个重要因素, 湿生植被在缓冲和拦截入湖营养盐方面起着十分重要的作用。

所以, 尽管近 40 年来湖泊营养盐的快速积累原因是多方面的, 但湿地植被的破坏和流域农业耕作强度增加以及化肥的使用无疑是关键因素。20 世纪 50 年代末和 60 年代初龙感湖湿地植被的破坏使得湿地拦截和净化功能丧失, 尽管 1964 年后流域侵蚀强度有所减弱, 但农业高强度垦殖导致耕作土壤流失, 表现为代表超细磁性矿物的低频磁化率增加以及磷肥的使用增加了入湖可溶性营养盐的排放量, 湖水营养盐大量积蓄, 也最终导致湖泊营养结构的变化和硅藻种群的演替^[4]。

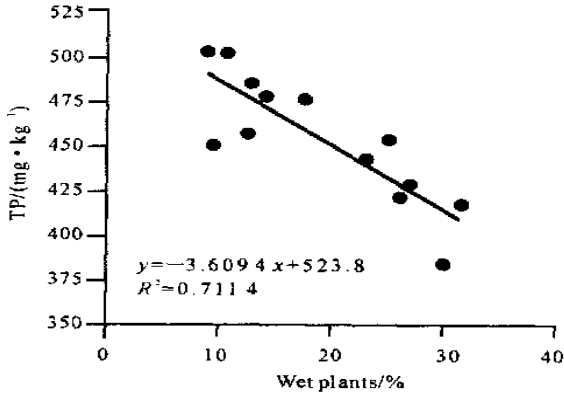


图 3 龙感湖湿地花粉与 TP 的关系
Fig. 3 A negative relation between wetland pollen percentage and TP concentrations in of Longgan Lake sediments

综上所述, 近百年来(1905 年开始), 磁性参数和 TP 曲线反映土壤侵蚀强度增大, 入湖营养盐逐渐增多, 记录了龙感湖富营养化逐步发生的过程。湿地花粉在 1905 ~ 1956 年间有所减少, 但幅度不大, 说明人类对湖泊滩地的改造还有限。1956 ~ 1959 年间是龙感湖区强烈围垦时期, 土地的开垦和湿地植被的破坏造成流域侵蚀速率增加, 湖泊初级生产力显著提高, 但总磷和硅藻组合特征对营养条件转变的响应存在一定的滞后效应, 出现在 20 世纪 60 年代后期^[4]。虽然从气候上看, 近百年来东部平原地区降水量是增加的^[7], 然而沉积物指标反映龙感湖水质状况并没有出现好转, 湖泊营养反而呈现加重趋势。而且, 剖面 10 cm 以上阔叶树花粉含量增多指示的高降水量也与总磷和硅藻推断的营养化加重结果相矛盾^[6]。因此, 笔者认为, 近百年来龙感湖富营养化程度明显加重的原因并不是气候变化的结果, 而与湿地植被的毁坏和同时期流域大范围化学肥料的使用等人类活动密切相关。

① 龙感湖农场志, 1988

湿地植被的破坏,使湿地的屏障和净化功能降低,并造成流域土壤侵蚀速率加快,沉积物中总磷的增加便是流域土壤营养盐流失量增多的体现。虽然 20 世纪 60 年代以来当地有关部门也加强了湖区堤坝的建设,但土壤流失并没有得到多大改观,尤其是化肥的使用,大大增加了入湖可溶性营养盐的排放量,从而导致湖泊水体富营养化的发生。

撰写论文中得到羊向东博士的鼎力帮助,在此深表谢意。

[参 考 文 献]

[1] Rood, B E, J F Gottgens, J J DeFino et al. Mercury accumulation trends in Florida everglades and savannahs marsh flood soils [J] . Water Air Soil Pollution, 1995, 80: 981 ~ 90.

[2] Anderson W Rate, Alistair E, et al. Distribution of heavy metals in near-shore sediments of the swan river estuary, western Australia [J] . Water Air and Soil Pollution, 2000, 124: 155 ~ 68.

[3] 王苏民, 窦鸿生. 中国湖泊志 [M] . 北京: 科学出版社, 1998. 235 ~ 236.

[4] 羊向东, 沈吉, 夏威夷, 等. 龙感湖近代沉积硅藻组合与营养演化的动态过程 [J] . 古生物学报, 2002, 41(3): 455 ~ 460.

[5] Oldfield F, Ruijin W. The Magnetic properties of the recent sediments of Brothers Waters NW England [J] . Journal of Palaeolimnology, 2000, 23: 165 ~ 174.

[6] Yang Xiangdong, Wang Sumin, Shen Ji et al. Lacustrine environment responses to human activities in the past 300 years in Longgan Lake catchment, southeast China [J] . Science in China (Series D), 2002, 45(8): 709 ~ 718.

[7] 施雅风, 张丕远. 中国历史气候变化 [M] . 济南: 山东科学技术出版社, 1996. 459 ~ 463.

An 100-year nutrients accumulation process from lacustrine records in Longgan Lake Southeast China

CHEN Shi-yue^{1,2}, JIN Zhang-dong¹, WU Yan-hong¹, YANG Li-yuan¹

(1. Nanjing Institute of Geography and limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;
2. School of Environment and Planning, Liaocheng University, Shandong Liaocheng, 252059, China)

Abstract: The Lake hutrophication is severe commonly in some areas of China as a result of rapid development of social economy in last few decades. The wetland as the linkage between the terrestrial and aquatic environments, may perform the buffer and nutrient storage functions. The wetland vegetation to some extent can not only intercept the mineral transported from catchment but also purify the water flowing into the lake. With the destruction of wetland plants, the wetland eliminates the functions of the buffers and nutrient storage. The scientific preventative measurements and restorative management require to provide more detailed background data and the relationship between wetland and lake nutrient state. Lake sediment containing large amount of ecological, physical and chemical information can be used to reconstruct the past changes of lake and its catchment. The lake eutrophication process of Longgan Lake was discussed for the last one century based on the wet plants pollen, magnetic parameter and total phosphorus analysis, combining with $\delta^{13}C$ activity profile from a short core of central Langgan Lake, located in the boundary between Hubei and Anhui Provinces. The beginning of lake eutrophication during first half part of the 20th century was related with the accelerated soil erosion in watershed deduced from pollen and magnetism, while the enhanced trophic condition since 1970 s with the wide usage of chemical fertilizer as well as the destruction of wet land vegetation, resulting in the weakened of wet land interception function. The degeneration of wetland vegetation caused the land nutrient discharges by human activities around the lake catchment. The lake nutrient enriched relatively, following by the lake eutrophication at present.

Key words: wet plants; lake eutrophication; Longgan Lake

[英文审定: 杨家喜]